

Comprende versione

ebook



Biagio D'Aniello

# Appunti di Zoologia adattativa

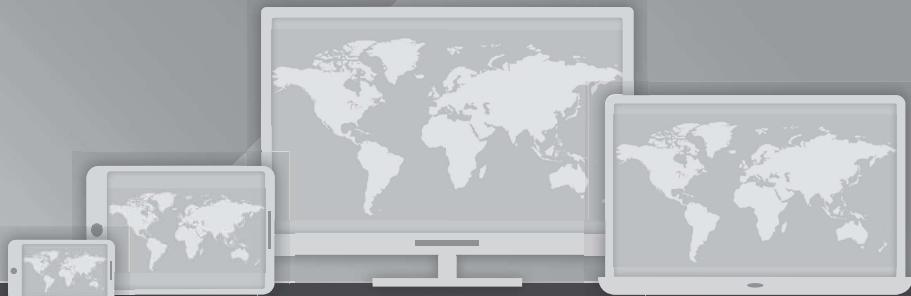




# Accedi ai contenuti digitali

Espandi le tue risorse

un libro che **non pesa**  
e si **adatta** alle dimensioni  
del **tuoi lettore!**



▼  
COLLEGATI AL SITO  
**EDISESUNIVERSITA.IT**

▼  
ACCEDI AL  
**MATERIALE DIDATTICO**

▼  
SEGUI LE  
**ISTRUZIONI**

Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edisesuniversita.it**  
e accedere alla **versione digitale** del testo e al **materiale didattico**.

Scopri il tuo **codice personale** grattando delicatamente la superficie

Il volume NON può essere venduto, né restituito, se il codice personale risulta visibile.  
L'accesso al materiale didattico sarà consentito per **18 mesi**.

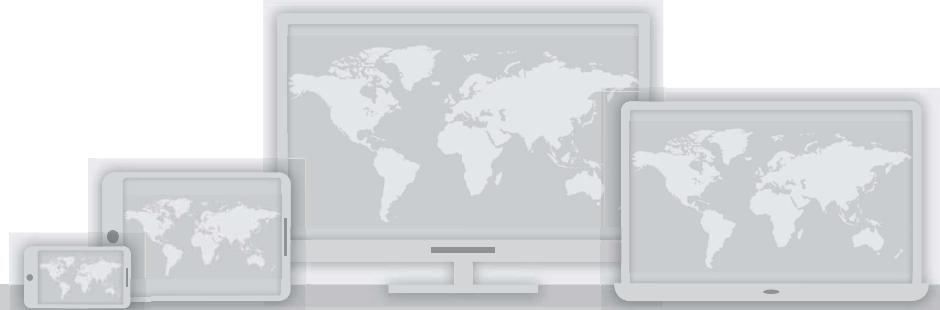
Per attivare i **servizi riservati**, collegati al sito **edisesuniversita.it** e segui queste semplici istruzioni

▼  
**Se sei registrato al sito**

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- inserisci e-mail e password
- inserisci le ultime 4 cifre del codice ISBN, riportato in basso a destra sul retro di copertina
- inserisci il tuo **codice personale** per essere reindirizzato automaticamente all'area riservata

▼  
**Se non sei già registrato al sito**

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- registrati al sito o autenticati tramite facebook
- attendi l'e-mail di conferma per perfezionare la registrazione
- torna sul sito **edisesuniversita.it** e segui la procedura già descritta per *utenti registrati*



Ulteriori materiali e strumenti didattici sono accessibili dalla propria **area riservata** secondo la procedura indicata nel frontespizio.

Dalla sezione **materiali e servizi** della tua area riservata potrai accedere a:

- **Ebook:** versione digitale del testo in formato epub, standard dinamico che organizza il flusso di testo in base al dispositivo sul quale viene visualizzato. Fruibile mediante l'applicazione gratuita BookShelf, consente una visualizzazione ottimale su lettori e-reader, tablet, smartphone, iphone, desktop, Android, Apple e Kindle Fire.

L'accesso ai contenuti digitali sarà consentito per **18 mesi**

Biagio D'Aniello

# Appunti di Zoologia adattativa



Biagio D'Aniello

**Appunti di Zoologia adattativa**

Copyright © 2022, EdiSES Edizioni S.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0  
2026 2025 2024 2023 2022

*Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata*

*A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale, del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.*

*L'Editore*

*L'Editore ha effettuato quanto in suo potere per richiedere il permesso di riproduzione del materiale di cui non è titolare del copyright e resta comunque a disposizione di tutti gli eventuali aventi diritto.*

*Fotocomposizione:* EdiSES Edizioni S.r.l.

*Stampato presso PrintSprint S.r.l. – Napoli*

*per conto della* EdiSES Edizioni S.r.l. – Piazza Dante Alighieri, 89 – Napoli

[www.edisesuniversita.it](http://www.edisesuniversita.it)  
[assistenza.edises.it](mailto:assistenza.edises.it)

ISBN 978 88 3623 089 1

---

I curatori, l'editore e tutti coloro in qualche modo coinvolti nella preparazione o pubblicazione di quest'opera hanno posto il massimo impegno per garantire che le informazioni ivi contenute siano corrette, compatibilmente con le conoscenze disponibili al momento della stampa; essi, tuttavia, non possono essere ritenuti responsabili dei risultati dell'utilizzo di tali informazioni e restano a disposizione per integrare la citazione delle fonti, qualora incompleta o imprecisa.

Realizzare un libro è un'operazione complessa e, nonostante la cura e l'attenzione poste dagli autori e da tutti gli addetti coinvolti nella lavorazione dei testi, l'esperienza ci insegna che è praticamente impossibile pubblicare un volume privo di imprecisioni. Saremo grati ai lettori che vorranno inviarci le loro segnalazioni e/o suggerimenti migliorativi sulla piattaforma [assistenza.edises.it](http://assistenza.edises.it)

*Ai miei due cuccioli femmina  
di uomo e al mammifero  
che li ha generati*



# INDICE DEI CONTENUTI

|                |      |
|----------------|------|
| L'AUTORE ..... | XIII |
| L'OPERA.....   | XV   |

## PARTE PRIMA INTRODUZIONE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 CENNI SULLA STORIA DELLA ZOOLOGIA .....</b> | <b>3</b>  |
| Preistoria.....                                  | 3         |
| Età Antica.....                                  | 3         |
| Medioevo.....                                    | 4         |
| Età Moderna .....                                | 5         |
| Età Contemporanea .....                          | 7         |
| <b>2 LA ZOOLOGIA OGGI .....</b>                  | <b>11</b> |
| Le finalità della zoologia.....                  | 13        |
| <b>3 IL CONCETTO DI ANIMALE E DI SPECIE.....</b> | <b>19</b> |
| Il concetto di animale.....                      | 19        |
| Il concetto di specie.....                       | 21        |
| Il sistema di nomenclatura delle specie.....     | 25        |
| La serie gerarchica .....                        | 26        |

## PARTE SECONDA PRINCIPI DI BASE DI EVOLUZIONE E ADATTAMENTO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4 IL PERCORSO STORICO DELLE TEORIE EVOLUTIVE .....</b> | <b>31</b> |
| Definizioni del concetto di evoluzione.....               | 31        |
| Naturalisti di epoca antica .....                         | 32        |
| Studiosi prelamarckiani.....                              | 33        |
| Lamarck .....   | 33        |

|   |           |
|---|-----------|
| La reazione fissista .....                        | 34        |
| Charles Darwin .....                              | 34        |
| Neodarwinismo .....                               | 37        |
| Neolamarckismo .....                              | 38        |
| Epigenetica .....                                 | 39        |
| Ologenesi .....                                   | 40        |
| Mutazionismo .....                                | 41        |
| La teoria degli equilibri punteggiati .....       | 41        |
| Note di chiusura .....                            | 41        |
| <b>5 VARIABILITÀ GENETICA .....</b>               | <b>43</b> |
| Definizioni .....                                 | 43        |
| Espressione dei geni .....                        | 44        |
| Schema di sintesi .....                           | 48        |
| <b>6 EVENTI STOCASTICI .....</b>                  | <b>49</b> |
| Effetto delle mutazioni puntiformi .....          | 49        |
| Mutazioni cromosomiche .....                      | 51        |
| Nuovi geni .....                                  | 52        |
| Equilibrio di Hardy-Weinberg .....                | 53        |
| Deriva genetica .....                             | 56        |
| <b>7 STRATEGIE SELETTIVE .....</b>                | <b>59</b> |
| Selezione naturale .....                          | 60        |
| Selezione sessuale .....                          | 63        |
| Dimorfismo sessuale .....                         | 65        |
| Selezione artificiale .....                       | 68        |
| <b>8 EVOLUZIONE: PRINCIPI E ADATTAMENTI .....</b> | <b>71</b> |
| Evoluzione divergente .....                       | 71        |
| Evoluzione convergente .....                      | 74        |
| Evoluzione parallela .....                        | 75        |
| Principi dello sviluppo .....                     | 76        |
| Evo-devo .....                                    | 78        |
| Evoluzione regressiva .....                       | 81        |
| Atavismi .....                                    | 83        |
| Note di chiusura .....                            | 83        |
| <b>9 STRATEGIE ADATTATIVE - SIMBIOSI .....</b>    | <b>87</b> |
| Mutualismo .....                                  | 87        |
| Commensalismo .....                               | 89        |
| Parassitismo .....                                | 89        |

|   |            |
|---|------------|
| Parassitoismo .....                               | 91         |
| Parassiti di covata .....                         | 91         |
| Parassitismo sociale .....                        | 91         |
| Effetti comportamentali dei parassiti.....        | 91         |
| Parassitismo sessuale .....                       | 92         |
| Degenerazione parassitaria.....                   | 93         |
| Limiti fra le forme di simbiosi .....             | 93         |
| <b>10 STRATEGIE ADATTATIVE - MIMETISMO.....</b>   | <b>95</b>  |
| Mimetismo criptico.....                           | 95         |
| Strategie di camuffamento .....                   | 96         |
| Automimetismo.....                                | 98         |
| Colorazioni aposematiche .....                    | 98         |
| Mimetismo fanerico.....                           | 99         |
| Mimetismo acustico .....                          | 100        |
| Mimetismo chimico .....                           | 102        |
| <b>11 STRATEGIE ADATTATIVE - TEMPERATURA.....</b> | <b>103</b> |
| Animali e temperatura corporea.....               | 103        |
| Scambi di calore.....                             | 104        |
| Regolazione della temperatura corporea .....      | 106        |
| Adattamenti termici strutturali .....             | 107        |
| Adattamenti termici comportamentali.....          | 110        |
| Adattamenti termici fisiologici .....             | 111        |
| Particolari adattamenti al freddo.....            | 115        |
| Riscaldamento globale e adattamento .....         | 115        |
| <b>PARTE TERZA</b>                                |            |
| <b>STRATEGIE RIPRODUTTIVE</b>                     |            |
| <b>12 LA RIPRODUZIONE.....</b>                    | <b>121</b> |
| Riproduzione asessuale.....                       | 121        |
| Riproduzione sessuale .....                       | 124        |
| Modelli interpretativi riproduzione.....          | 126        |
| Strategie riproductive .....                      | 127        |
| <b>13 LA DETERMINAZIONE DEL SESSO.....</b>        | <b>129</b> |
| Determinazione cromosomica.....                   | 129        |
| Determinazione ambientale del sesso .....         | 129        |
| Temperatura.....                                  | 131        |
| Fotoperiodo .....                                 | 132        |

|  |            |
|--|------------|
| Altri fattori .....  | 132        |
| Più fattori .....  | 133        |
| Modello interpretativo .....                                     | 133        |
| <b>14 INTERSESSUALITÀ.....</b>                                   | <b>135</b> |
| Ermafroditismo .....   | 135        |
| Ermafroditismo sequenziale.....                                  | 139        |
| Fattori che regolano il cambiamento di sesso .....               | 141        |
| Morfologia gonadica .....  | 143        |
| Ermafroditismo indotto sperimentalmente .....                    | 144        |
| Ermafroditismo indotto da parassiti .....                        | 144        |
| Ermafroditismo secondario .....                                  | 144        |
| Ermafroditismo indotto da pesticidi.....                         | 145        |
| Ginandromorfismo .....   | 145        |
| <b>15 LA PARTENOGENESI.....</b>                                  | <b>147</b> |
| Modelli partenogenetici.....                                     | 148        |
| Modello interpretativo partenogenesi .....                       | 149        |
| Ginogenesi.....  | 150        |
| <b>16 LE STRATEGIE DELLO SVILUPPO.....</b>                       | <b>151</b> |
| Diffusione della viviparità .....                                | 152        |
| Pseudoviviparità.....  | 153        |
| Pattern di trasferimento nutrienti dalla madre all'embrione..... | 153        |
| Siti di deposizione delle uova.....                              | 154        |
| Modello interpretativo viviparità oviparità.....                 | 155        |
| <br>PARTE QUARTA   |            |
| ADATTAMENTI DEI PHYLA PRINCIPALI                                 |            |
| <b>17 SCHEDA DEI PHYLA.....</b>                                  | <b>159</b> |
| Livelli di organizzazione della complessità degli organismi..... | 159        |
| Simmetria .....  | 159        |
| Foglietti embrionali .....                                       | 160        |
| Processo di cefalizzazione.....                                  | 160        |
| Celoma .....   | 161        |
| Metameria.....   | 161        |
| Filogenesi e sistematica.....                                    | 162        |
| Caratteristiche strutturali essenziali .....                     | 162        |
| Metabolismo .....  | 163        |
| Alimentazione e nutrizione .....                                 | 163        |

|  |            |
|--|------------|
| Scambi gassosi .....   | 164        |
| Osmoregolazione ed escrezione.....                                 | 165        |
| Sistemi di trasporto interno .....                                 | 168        |
| Tegumento e sistemi di sostegno .....                              | 168        |
| Movimento e locomozione .....                                      | 169        |
| Coordinazione nervosa.....   | 169        |
| Coordinazione endocrina.....                                       | 170        |
| Percezione sensoriale .....  | 170        |
| Riproduzione.....  | 171        |
| Aspetti ecologici .....  | 171        |
| <b>18 LIVELLO ORGANIZZATIVO UNICELLULARE: PROTOZOI.....</b>        | <b>173</b> |
| Filogenesi e sistematica.....                                      | 174        |
| Caratteristiche strutturali essenziali .....                       | 175        |
| Scheda funzionale .....  | 178        |
| Aspetti ecologici .....  | 182        |
| Alcuni protozoi parassiti dell'uomo .....                          | 183        |
| <b>19 LIVELLO ORGANIZZATIVO PLURICELLULARE: PORIFERI .....</b>     | <b>185</b> |
| Poriferi .....   | 186        |
| Filogenesi e sistematica.....                                      | 186        |
| Caratteristiche strutturali essenziali .....                       | 187        |
| Scheda funzionale .....  | 189        |
| Riproduzione.....  | 190        |
| Aspetti ecologici .....  | 191        |
| <b>20 LIVELLO ORGANIZZATIVO TISSUTALE: CNIDARI.....</b>            | <b>193</b> |
| Cnidari .....  | 193        |
| Filogenesi e sistematica.....                                      | 194        |
| Caratteristiche strutturali essenziali .....                       | 195        |
| Scheda funzionale .....  | 197        |
| Riproduzione.....  | 199        |
| <b>21 LA LINEA DEI BILATERA E LA CEFALIZZAZIONE: PLATELMINTI..</b> | <b>203</b> |
| Platelminti .....  | 203        |
| Filogenesi e sistematica.....                                      | 203        |
| Caratteristiche strutturali essenziali .....                       | 204        |
| Scheda funzionale .....  | 206        |
| Riproduzione.....  | 207        |
| Aspetti ecologici .....  | 209        |
| Platelminti parassiti dell'uomo .....                              | 209        |

|   |     |
|---|-----|
| <b>22 L'EVOLUZIONE DELLA CAVITÀ DEL CORPO: NEMATODI .....</b> | 211 |
| Nematodi.....   | 211 |
| Filogenesi e sistematica.....                                 | 211 |
| Caratteristiche strutturali essenziali.....                   | 212 |
| Scheda funzionale .....                                       | 213 |
| Riproduzione.....   | 214 |
| Aspetti ecologici .....                                       | 216 |
| Nematodi parassiti dell'uomo.....                             | 217 |
| <b>23 LA METAMERIA: ANELLIDI .....</b>                        | 219 |
| Anellidi .....  | 219 |
| Filogenesi e sistematica.....                                 | 219 |
| Caratteristiche strutturali essenziali .....                  | 220 |
| Scheda funzionale .....                                       | 221 |
| Riproduzione.....   | 222 |
| Aspetti ecologici .....                                       | 223 |
| <b>24 MOLLUSCHI .....</b>                                     | 225 |
| Filogenesi e sistematica.....                                 | 225 |
| Caratteristiche strutturali essenziali .....                  | 226 |
| Scheda funzionale .....                                       | 229 |
| Riproduzione.....   | 232 |
| Aspetti ecologici .....                                       | 233 |
| <b>25 LA CONQUISTA DELLE TERRE EMERSE: ARTROPODI .....</b>    | 235 |
| Artropodi.....  | 236 |
| Filogenesi e sistematica.....                                 | 236 |
| Caratteristiche strutturali essenziali .....                  | 237 |
| Scheda funzionale .....                                       | 244 |
| Riproduzione.....   | 249 |
| Aspetti ecologici .....                                       | 250 |
| <b>26 LA LINEA EVOLUTIVA DEI DEUTEROSTOMI: ECHINODERMI ..</b> | 253 |
| Echinodermi.....  | 254 |
| Filogenesi e sistematica.....                                 | 254 |
| Caratteristiche strutturali essenziali .....                  | 255 |
| Scheda funzionale .....                                       | 256 |
| Riproduzione.....   | 259 |
| Aspetti ecologici .....                                       | 259 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>27 CORDATI .....</b>                      | <b>261</b> |
| Filogenesi e sistematica.....                | 261        |
| Caratteristiche strutturali essenziali ..... | 263        |
| Scheda funzionale .....                      | 269        |
| Riproduzione.....                            | 271        |
| Aspetti ecologici .....                      | 273        |



# L'AUTORE



**Biagio D'Aniello** è Professore di Zoologia presso il Dipartimento di Biologia dell'Università di Napoli Federico II.

Durante la sua attività accademica ha ricoperto diverse cattedre d'insegnamento nel settore zoologico. Inoltre, è stato docente formatore in numerosi corsi per docenti sulle strategie didattiche innovative.

la sua attività scientifica principale riguarda gli aspetti etologici e le abilità cognitive del cane, con specifico riferimento alla comunicazione con l'umano. Svolge anche ricerche sull'evoluzione dell'encefalo dei vertebrati e, nel settore ambientale, si occupa della biodiversità dei lepidotteri.

L'attività istituzionale lo ha visto membro del consiglio del polo delle scienze e delle tecnologie e direttore scientifico del museo di zoologia. Attualmente è Delegato del Direttore per la didattica dipartimentale, Direttore del corso di perfezionamento post-universitario in “ETOLOGIA CANINA: aspetti teorico-pratici” e delegato del Rettore alle Politiche per la Comunicazione e la Promozione delle attività dell'Ateneo.

Ha svolto attività un'intensa attività di terza missione nell'ambito della formazione docente e nell'ambito del public engagement. Le ricerche del suo laboratorio di etologia canina riportate in centinaia di siti web e blog in tutto il mondo e in diversi programmi RAI. Nel 2020 è stato ospite fisso per 6 puntate nella serie Newton sulla zoologia per RAI scuola, passate poi su RAI2 e RAI3.

## MEDIA:

Facebook: <https://it-it.facebook.com/LabEtologiaCanina/>

Instagram: [https://www.instagram.com/lab\\_etologia\\_canina/](https://www.instagram.com/lab_etologia_canina/)

Twitter: [https://twitter.com/labec\\_na](https://twitter.com/labec_na)



# L'OPERA

Il testo contiene gli appunti del corso di Zoologia generale tenuto dall'autore. La parte iniziale contiene informazioni generali sulla zoologia e sul significato degli studi zoologici; il concetto di animale e di specie. L'obiettivo è quello di rendere consapevole lo studente dell'attualità e della necessità degli studi zoologici in un contesto antropico particolarmente difficile per la conservazione della biodiversità. La seconda parte tratta in dettaglio i principi di base dell'evoluzione e dell'adattamento. Si tratta di argomenti di carattere evolutivo prevalentemente nel contesto della microevoluzione (piccoli cambiamenti), che possono essere testati e dimostrati agevolmente in maniera sperimentale. Cambiamenti di natura macroevolutiva saranno solo accennati. L'obiettivo è quello di fornire allo studente strumenti teorici utili per comprendere pienamente i meccanismi adattativi degli animali. Segue poi una parte riguardante la biologia riproduttiva in cui sono trattate le modalità riproduttive con l'obiettivo d'interpretare i meccanismi riproduttivi in chiave adattativa. L'ultima parte riguarda le caratteristiche generali dei gruppi animali più diffusi interpretando forma e funzione secondo le innovazioni evolutive e sempre in funzione dell'adattamento. Sono approfonditi gli aspetti ecologici e strutturali specialmente ai fini diagnostici, mentre non sono trattati gli argomenti in un contesto strettamente tassonomico e neppure i phyla minori, concetti che lo studente approfondirà con l'esame di sistematica e filogenesi. L'obiettivo è quello di dare allo studente gli strumenti culturali per il riconoscimento dei gruppi animali principali. In definitiva, l'obiettivo generale del testo è quello di fornire agli studenti una chiave di lettura del perché gli animali (e i protozoi) sono fatti in una certa maniera; un concetto fondamentale per chi vuole operare nell'ambito della conservazione della biodiversità animale.



# PARTE PRIMA

# INTRODUZIONE

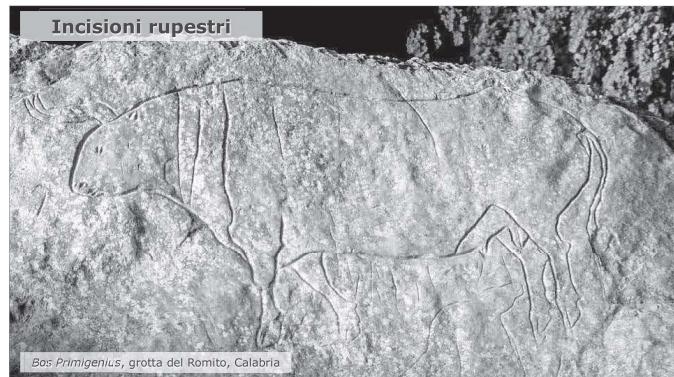
- 1. CENNI SULLA STORIA DELLA ZOOLOGIA
- 2. LA ZOOLOGIA OGGI
- 3. IL CONCETTO DI ANIMALE E DI SPECIE



# CENNI SULLA STORIA DELLA ZOOLOGIA

## Preistoria

Con buona probabilità l'inizio degli studi zoologici risale agli albori della specie umana. La necessità della conoscenza dei tipi e delle abitudini delle potenziali prede e dei predatori era ovviamente fondamentale per la sopravvivenza. Evidenze dell'acquisizione di tali conoscenze si ritrovano nelle numerose incisioni, sculture e disegni rupestri relativi agli animali.



## Età Antica

Studi sistematici di zoologia, di cui è rimasta traccia, risalgono ad **Alcmeone di Crotone** (510-480 a.C.), che compì le prime dissezioni di animali. Successivamente, **Ippocrate di Coo** (460-375 a.C.) fece uso di nozioni zoologiche per costruire una medicina basata sulla fisiologia e sulla morfologia. Si tratta in entrambi i casi di ricerche finalizzate a soddisfare le esigenze dell'uomo in campo medico. I primi studi di zoologia, come scienza fine a se stessa, si ritrovano negli



scritti di **Aristotele di Stagira** (384-322 a.C.). Egli produsse diversi testi in cui si occupava di caratteristiche generali degli animali della loro anatomia e fisiologia, nonché di classificazione. Tuttavia, anche i suoi trattati sono in gran parte indirizzati verso il progresso medico, o per ottimizzare altre attività umane come la caccia e la pesca, e tale rimarranno gli studi zoologici per i successivi 2000 anni. Se però da un lato Aristotele fondò la Zoologia come scienza, tuttavia, avvalorò anche tutta una serie di credenze popolari senza alcuna base scientifica. Tra i suoi studi più significativi vi sono dati sullo sviluppo del pulcino, sull'accoppiamento dei pescecani e delle api. Inoltre, nella *"Historia animalium"* è palesemente espresso il pensiero di un passaggio graduale dagli esseri inanimati alle piante e, successivamente, agli animali. Secondo la sua visione tutto ciò sarebbe avvenuto seguendo un principio perfezionatore. A dimostrazione dei suoi argomenti, Aristotele citava i poriferi e i cordati inferiori (ascidie) che considerava organismi intermedi tra gli animali e le piante. Ciononostante, egli probabilmente credeva in una **"scala degli esseri"** che, dopo le trasformazioni, era divenuta statica e che rappresentava l'espressione di un disegno di una "mente divina".

Tra gli antichi zoologi va sicuramente ricordato **Plinio il vecchio** (23-79 d.C.). Le sue argomentazioni naturalistiche sono raccolte in un'opera di ben 37 volumi: *"Historia naturalis"*. In particolare, i volumi 8-11 riguardano specificamente la zoologia. Come Aristotele anch'egli tramandò molte superstizioni popolari. Ad esempio, attribuiva alla salamandra pezzata poteri speciali come la capacità di spegnere le fiamme con il solo contatto, oppure di avvelenare l'acqua in cui si fosse bagnata. Queste credenze, si sono consolidate negli anni, quindi ancora oggi è opinione diffusa che l'animale sia estremamente velenoso.

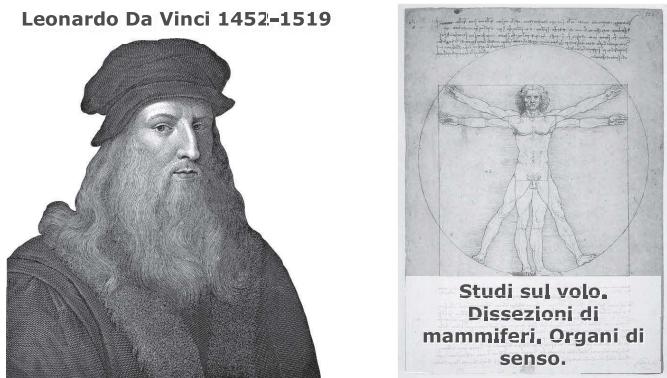
## Medioevo

A partire da Plinio, per circa 1500 anni non si ritrovano studi che abbiano contribuito in maniera rilevante al progresso delle conoscenze zoologiche. Il medioevo è un periodo buio per gli studi zoologici. Sono prodotti solo bestiari. Questi testi, piuttosto che descrivere gli animali con finalità dirette alla conoscenza zoologica, studiano gli animali per insegnamenti morali o religiosi. Gli animali non sono quindi trattati in maniera oggettiva e non ci sono quindi autori che si sono distinti in campo zoologico.



## Età Moderna

**Leonardo da Vinci** (1452-1519), a parte i famosi studi d'ingegneria, si cimentò anche nella Zoologia proponendo osservazioni interessanti, molte delle quali vennero alla luce postume, quando furono decifrati i suoi appunti. È ben noto che Leonardo usava utilizzare strane abbreviazioni, talvolta in una logica particolare; in più i suoi scritti sono leggibili solo se riflessi attraverso uno specchio. Leonardo effettuò dissezioni di mammiferi per capirne la fisiologia; confrontò le articolazioni della mano e del piede dell'uomo con quelle dei primati e gli orsi, notandone la similitudine. Si occupò anche di studiare la percezione sensoriale, giungendo alla conclusione che i felini hanno sensi molto più sviluppati dell'uomo, così come i rapaci hanno una vista eccezionale. Profuse però maggiore impegno nello studio dei meccanismi del volo degli uccelli, degli insetti, dei pipistrelli e persino dei pesci rondine, al fine di progettare macchine volanti. Tra le intuizioni più brillanti, l'ipotesi che i fossili che si ritrovano sulle montagne si fossero originati in mare.



**Ulisse Aldrovandi** (1522-1605), che fu titolare della prima cattedra di scienze naturali a Bologna, studiò e descrisse un numero impressionante di animali. Fu, quindi, un naturalista enciclopedico e realizzatore di uno dei primi musei di storia naturale. Egli fu successivamente considerato da Linneo e da Buffon il fondatore della Storia Naturale moderna. Peraltro, coniò nel 1603 il termine geologia. Il 600 fu un periodo molto florido per le scienze in generale. I metodi e gli strumenti divennero più raffinati e consentirono una netta accelerazione del progresso scientifico, specialmente nel campo della fisiologia e dell'anatomia. Un notevole contributo fu dato da **Galileo Galilei** (1564-1642), che non fu uno zoologo, ma diede un impulso fondamentale allo sviluppo di tutte le scienze consolidando la sperimentazione come metodo di ricerca. In questo contesto s'inscrive **William Harvey** (1578-1657), noto per la scoperta del moto circolatorio del sangue. Precedentemente si pensava che il fegato fosse il sito di produzione del sangue, che poi passava al cuore dove si mescolava con lo pneuma proveniente dall'esterno, per poi diffondersi in tutto il corpo (concezione ippocratica e galenica del moto rettilineo del sangue). Il suo libro: *"Esercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus"* prelude alla fondazione della moderna fisiologia. Egli spiegò tutti i processi fisiologici allora noti in termini fisici, negò ogni interpretazione mistica e diede avvio alla fisiologia sperimentale.

**NOTA:** sembra che **Cesalpino** (1524-1603) avesse fatto all'inizio del XVII secolo osservazioni molto simili a quelle di Harvey, peraltro pubblicate circa 60 anni prima.

Harvey ebbe anche il merito scrivere nel 1651 un'opera, “*De generazione animalium*”, dove sono riportate originali osservazioni sullo sviluppo embrionale. Questo lavoro è poco noto, oscurato dalla ben più importante scoperta della circolazione sanguigna.

Qualche anno dopo **Jan Swammerdam** (1637-1680) descrisse i globuli rossi e studiò attentamente le contrazioni muscolari conseguendo risultati notevoli. Fu il primo approccio microscopico allo studio delle strutture corporee.

In quello stesso periodo **Marcello Malpighi** (1628-1694) completò lo studio di Harvey scoprendo la rete di capillari che connette il sistema venoso a quello arterioso. Descrisse i tubuli escretori nel baco da seta, pubblicando i suoi eccellenti risultati nel “*de bombyce*”. Scoprì anche lo strato germinativo epiteliale e i glomeruli renali, che da lui prendono il nome. Inoltre, compì anche studi sull'anatomia microscopica delle piante pubblicando nel 1663 i primi risultati. Contemporaneamente in Inghilterra Grew fece degli studi molto simili. Questo accese una polemica su chi fosse il padre dell'Anatomia Vegetale. Malpighi probabilmente scoprì anche l'organizzazione a spirale delle fibre cardiache, ma tale scoperta si attribuisce a Borrelli. Gli studi compiuti sugli animali, basati su osservazioni e sperimentazioni rigorose, lo indussero più volte a compiere analisi comparative. Di conseguenza il Malpighi contribuì in maniera determinante allo sviluppo dell'Anatomia Comparata, 150 prima di Cuvier, considerato generalmente il padre di questa disciplina.

**Robert Hooke** (1635-1703) è ben noto per l'osservazione della cellula studiando il sughero al microscopio. La scoperta dell'unità strutturale dell'organismo aprì tutta una serie di ricerche, che allargarono enormemente le conoscenze scientifiche del tempo e indussero a reinterpretare gli studi compiuti fino ad allora in un'ottica diversa.

**Francesco Redi** (1626-1697) attaccò e confutò la teoria della generazione spontanea; una teoria sopravvissuta per almeno un millennio, secondo cui la vita potesse originarsi dalla materia inanimata. Il celebre, quanto elementare esperimento di Redi, con cui impediva il contatto delle mosche con la carne, dimostrò che solo la deposizione delle uova poteva dar luogo all'originarsi delle larve. Questo non impedì la continuazione di crudeli esperimenti sulla generazione spontanea, come ad esempio quelli del Bellini, il quale torturava i cani per dimostrare che il dolore provocava la comparsa di “vermi” (nematodi) nell'intestino.

**Charles Bonnet** (1720-1793) scoprì la partenogenesi naturale, un fenomeno piuttosto diffuso in natura, per cui un uovo si attiva ed inizia lo sviluppo senza l'intervento dello spermatozoo. Questa scoperta è stata molto utile per studiare alcuni degli aspetti della biologia cellulare.

**Anthony Van Leeuwenhoek** (1632-1723) un commerciante di stoffe appassionato di microscopi, ebbe il merito di scoprire un mondo totalmente nuovo, quello dei protozoi. Successivamente descrisse anche i batteri e gli spermatozoi.

**John Ray** (1627-1705) fu il primo ad applicare il concetto di specie agli organismi viventi ed ad evidenziare le variazioni all'interno di una stessa specie.

**Carolus Linnaeus** (1707-1778) sviluppò il sistema tassonomico e la nomenclatura binomia. Secondo la sua visione una specie era indicata da due nomi: uno indicante il genere (con la lettera maiuscola) e uno la specie (con la minuscola), seguiti dal nome dello scopritore e l'anno della scoperta. Linneo fornì ai tassonomi un modello di lavoro talmente efficiente da non essere ancora sorpassato.



## Età Contemporanea

La storia contemporanea (Età Contemporanea) si fa partire dalla Rivoluzione francese (1789), ma alcuni storici la spostano più avanti: Congresso di Vienna (1815) o moti rivoluzionari (1848).

**Georges Cuvier** (1769-1832) fu sicuramente il fondatore della paleontologia. Era uno scienziato dotato di un talento così eccezionale da dedurre uno scheletro intero analizzando poche ossa fossili; scheletri che poi ritrovati integri risultarono impressionantemente simili ai disegni del Cuvier. Nonostante i suoi studi di Paleontologia e di Anatomia Comparata, fu, paradossalmente, un acceso antievoluzionista. Infatti, queste due discipline furono successivamente le più importanti prove a sostegno della teoria evolutiva.

**Jean Baptiste de Monet, chevalier de Lamarck** (1744-1829) propose la prima teoria organica sull'evoluzione. Una teoria evolutiva era già stata proposta da Buffon, ma il merito di Lamarck fu quello di tentare d'individuarne le cause. La sua idea, basata sull'uso e il disuso di parti dell'organismo e l'eredità dei caratteri acquisiti, fu accantonata dopo che **Weissmann** propose la separazione della linea germinale da quella somatica. Il Weissmann affermava che le cellule che daranno il corpo e quelle da cui si origineranno i gameti si separano molto precocemente durante lo sviluppo e non hanno più relazioni tra loro; quindi, ciò che succede nel corpo durante la vita di un organismo non può essere passato alle generazioni successive. Tuttavia, questo concetto non si è rivelato valido per la maggior parte degli organismi viventi e, pertanto, alcuni aspetti della teoria di Lamarck sono stati rivalutati.

**Karl von Bear** (1792-1876) scoprì l'uovo dei mammiferi e corresse l'errore di **De Graff**, che aveva descritto il follicolo ovarico (che da lui prende il nome) come uovo. Nel 1830 formulò la prima legge biogenetica. Egli diceva che gli embrioni delle forme “inferiori” e “superiori” si assomigliano molto di più quanto più precocemente confrontati.

**Pierre François Verhulst** (1839-1804) propose la prima descrizione matematica della crescita di una popolazione. Il modello matematico fornito ha consentito di studiare le dinamiche delle popolazioni animali e prevederne, entro certi limiti, l'aumento o la diminuzione del numero d'individui.

**Japetus Steenstrup** (1813-1894) descrisse l'alternanza di generazioni aploidi e diploidi in molti organismi viventi.

**Richard Owen** (1804-1892) introdusse i concetti di analogia e omologia, ma senza dargli un significato evoluzionistico e fu uno dei pionieri dello studio dei dinosauri.

**Charles Darwin** (1809-1882) propose per la prima volta una teoria organica e completa sull'evoluzione. Il suo libro: “*On the origin of species by means of natural selection*” è una pietra miliare della storia della Scienza. Il merito principale di Darwin fu quello di mettere insieme una serie di ipotesi e conoscenze da lui acquisite. Fondamentale fu il suo viaggio sul Beagle (1831-1836) e specialmente il soggiorno alle Galapagos. A conclusioni simili arrivò anche **Alfred Russell Wallace** nello stesso periodo, in seguito a studi compiuti in Malesia. Darwin fu anche autore di eccellenti libri di carattere zoologico, alcuni dei quali contengono ancora molte utili informazioni, come quello sui crostacei cirripedi.



**Louis Pasteur** (1822-1895) ben noto è il suo aforisma “*omne vivum e vivo*”. Confutò definitivamente la teoria della generazione spontanea, provando che i fenomeni di putrefazione e fermentazione derivavano dai “microbi”.

**Henry Walter Bates** (1825-1892) scoprì il mimetismo batesiano. Egli osservò che spesso le specie animali che vivevano nella stessa area tendevano ad assomigliare a specie sgradevoli al gusto dei predatori (somiglianza protettiva).

**Ernst Heinrich Haeckel** (1834-1919) propose una classificazione zoologica molto rispondente alla realtà e fornì i principali elementi per una classificazione. Fu autore anche della teoria della “*gastrea*” (1874) secondo cui l’ontogenesi ricapitola la filogenesi. Cioè, Haeckel credeva erroneamente che un organismo durante il suo sviluppo embrionale ripercorresse tutte le tappe dell’evoluzione che lo hanno portato alla forma attuale. Ebbe anche il merito di capire che il nucleo della cellula fosse l’attore dell’eredità (1866).

**Johann Gregor Mendel** (1822-1884) formulò le leggi dell’eredità con precisione matematica. Famosi sono i suoi esperimenti sui piselli, da cui scaturirono le omonime leggi. Le sue scoperte furono apprezzate con notevole ritardo, ma sono state fondamentali per la nascita della genetica e della sintesi moderna evoluzionistica, a partire dagli inizi del 1900.

**Felix Anton Dohrn** (1840-1909) compì studi sulla filogenesi degli artropodi basandosi su dati embriologici e comparativi. Ebbe il merito di fondare la Stazione Zoologica di Napoli, che fu il primo centro di ricerca Zoologico. Questa rapidamente raggiunse un'importanza internazionale, grazie ai suoi ricercatori, che fecero importanti scoperte dando un notevole contributo allo sviluppo della Zoologia.

**Wilhelm August Oscar Hertwig** (1849-1922) scoprì che la fecondazione consisteva nella coniugazione di 2 cellule, che fondevano i loro pronuclei.

**August Weismann** (1834-1914) fu autore della teoria della continuità del plasma germinale. Egli propose la separazione della linea germinale da quella somatica, escludendo definitivamente ogni teorico effetto lamarckiano. Questa distinzione non è sempre vera in molti animali (es. Poriferi, Cnidari, Endoprotetti, Bivalvi, Foronoi) e in tutte le piante, in cui i gameti si originano da cellule del corpo. Di conseguenza, la mutazione di una cellula somatica può essere ereditata se quella cellula originerà un gamete.

**Hans Driesch** (1867-1941) scoprì la segmentazione totipotente dei blastomeri. Fece esperimenti separando i blastomeri del riccio di mare e ottenendo due embrioni completi.

**Ronald Ross** (1857-1932) descrisse il ciclo biologico del plasmodio della malaria negli uccelli e le zanzare. Si tratta di una scoperta sensazionale se si pensa alla complessità del fenomeno e ai mezzi a disposizione ai tempi in cui venne effettuata. I plasmodi erano stati precedentemente scoperti da Laveran (1878) nel sangue umano. Il ciclo completo uomo-zanzara fu descritto da Grassi, Bastianelli e Bignami nel 1898 (esclusa la fase esoeritrocitaria, che è da attribuire a Raffaele nel 1934, che la descrisse negli uccelli).

**Henry Fairfield Osborn** (1857-1935) propose il concetto di radiazione adattativa. Un concetto ecologico di notevole portata relativo alla diversificazione di forme in ambienti non ancora occupati.

**Hugo De Vries** (1848-1935) introdusse il mutazionismo. Tale concetto tendeva a sminuire l'importanza della selezione naturale, considerando che la meccanica evolutiva fosse guidata da macromutazioni. Queste cambiavano repentinamente le specie. Cioè una specie appariva improvvisamente in seguito ad una mutazione che rendeva immediatamente il mutante indipendente dalla specie d'origine.

**Oskar Heinroth** (1871-1945) scoprì l'apprendimento per imprinting negli uccelli. Alla nascita (o in un periodo molto breve della loro vita) molte specie animali memorizzano rapidamente una serie d'informazioni, che gli saranno utili per tutta la vita. Per esempio, alla nascita gli anatidi memorizzano rapidamente le caratteristiche della madre, per poi seguirla fino a quando non saranno autonomi.

**Ivan Pavlov** (1849-1936) scoprì il riflesso condizionato nei cani. Egli faceva precedere il pasto dei cani dal suono di una campanella. Dopo poco osservava salivazione ed eccitazione degli animali al solo suono della campanella, anche se il cibo non veniva somministrato.

**Joseph Grinnell** (1877-1939) introdusse il concetto di nicchia ecologica. Si tratta di una nozione piuttosto complicata, che si riferisce all'ambiente e al modo di uti-

lizzarlo di un animale. Quindi, comprende una serie di parametri fisici (es. umidità, temperatura ecc.) e biologici (es. tipo di alimentazione, il comportamento ecc.).

Nel corso del 1900 vi furono importanti scoperte zoologiche, senza dubbio da considerare sensazionali se si pensa ai primitivi mezzi a disposizione nel periodo in cui furono fatte. Tra queste va sicuramente ricordata la spiegazione del ciclo vitale dell'anguilla (**Johann Schmidt**, 1922). Le anguille europee vanno a riprodursi nel mar dei Sargassi e lo fanno una sola volta nella vita, poi muoiono. Questo studio, apparentemente banale, ebbe il merito di aprire ricerche sulle straordinarie migrazioni animali e sulle loro capacità orientative. Altra scoperta notevole fu l'influenza del fotoperiodo sulle migrazioni degli uccelli e lo sviluppo delle gonadi (**William Rouan**, 1925). Di sicuro interesse fu anche la scoperta dei feromoni (**A. Bethe**, 1932), sostanze chimiche fondamentali nella comunicazione olfattiva animale e forse anche nell'uomo. Nello stesso periodo **Sewall Wright** (1889-1988) propose il meccanismo evolutivo della deriva genetica. Questo concetto largamente accettato era una nuova forza dell'evoluzione accanto alla selezione naturale.

**Karl von Frisch** (1886-1982) decifrò il meccanismo di comunicazione delle api. La famosa danza ad 8, con cui le bottinatrici comunicano la posizione, la distanza e l'abbondanza di cibo alle compagne. Premio Nobel nel 1973.

**Konrad Lorenz** (1903-1989) ebbe il merito di fondare l'etologia comparativa. Compì numerosi studi comportamentali proponendo spiegazioni evolutive. Nobel 1973.

**Niko Tinbergen** (1907-1988) studiò la predazione degli uccelli arrivando ad eccezionali conclusioni. Nobel 1973.

Nel 1945 **Griffin** e **Galambos** scoprirono l'ecolocazione nei pipistrelli. Questi animali si orientano al buio emettendo una serie di vocalizzi che colpiscono gli ostacoli e, ritornando indietro, forniscono al cervello una mappa spaziale dell'ambiente. Tuttavia, la prima ipotesi in tal senso risale a **Lazzaro Spallanzani** in Italia (1793), che aveva già ipotizzato il coinvolgimento delle onde sonore. Poco dopo fu scoperto l'orientamento solare degli uccelli (**Kramer**, 1952); poi il melanismo industriale (**Kettlewell**, 1955), un fenomeno importantissimo che mostra la selezione naturale in azione; inoltre, la navigazione stellare degli uccelli (**Sauer**, 1957).

In tempi più moderni (1972) **Stephen Jay Gould** (1941-2002) introdusse il concetto di equilibri punteggiati, secondo cui l'evoluzione non procede sempre con la stessa velocità, ma ci sono periodi di stasi seguiti da rapidi eventi di diversificazione e speciazione.

# LA ZOOLOGIA OGGI

La Zoologia fu ammessa, quale disciplina autonoma, inizialmente nella Facoltà di Medicina. In effetti, la maggior parte degli studiosi antichi erano essenzialmente medici e le loro ricerche zoologiche erano, nella maggior parte dei casi, indirizzate alla comprensione della fisiologia dell'uomo. L'obiettivo principale, una volta capiti i meccanismi, era quello di ricercare rimedi alle numerose malattie che decimavano le popolazioni umane. Lo studio della Zoologia fine a sé stessa, seppur presente, non era un fenomeno diffusissimo. Verso la fine dell'Ottocento in Italia fu istituito il corso di laurea in Scienze Naturali e più tardi ancora quello in Scienze Biologiche, nei quali la disciplina cominciò ad assumere la dignità di materia autonoma e con finalità proprie.

L'approccio filosofico alla disciplina è sin dall'inizio duplice. Una parte degli studiosi si occupa di studiare fenomeni per giungere a teorie che spiegano le leggi della vita animale (**ricerche di base**); altri invece sono indirizzati verso la **ricerca applicata**, cioè, attraverso gli studi zoologici, si cerca di risolvere problemi che possono essere utili allo sviluppo della medicina o al miglioramento dell'ambiente e, quindi, sono indirizzati ad aumentare il benessere dell'uomo. Tuttavia, oggi si fanno anche ricerche applicate finalizzate alla conservazione della biodiversità in tutti gli ambienti.

## La Zoologia oggi

Ci sono settori che si occupano di studiare i **fenomeni associati a determinati gruppi zoologici**; es. ittiologia; erpetologia; entomologia, primatologia, ornitologia.

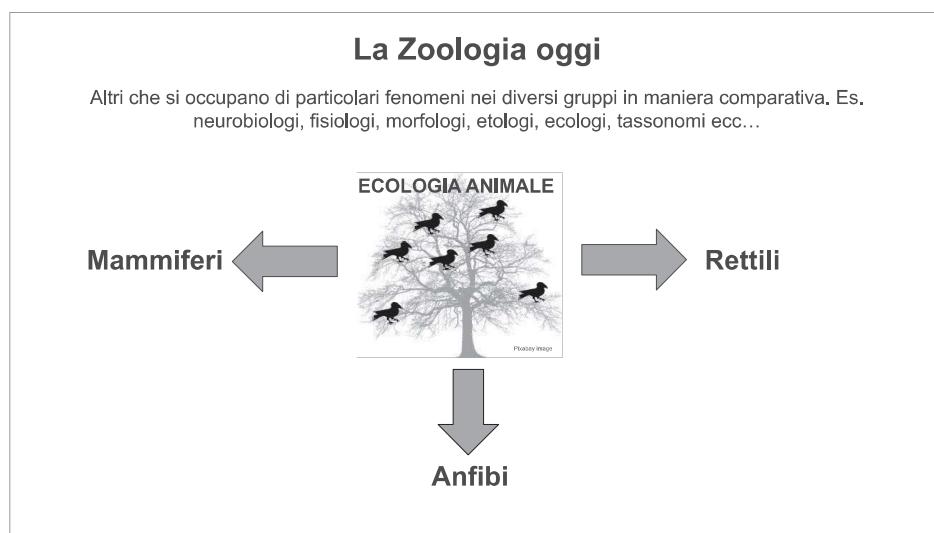
**Ecologia**  
(habitat, alimentazione, migrazioni, competizioni etc...)



**Fisiologia**  
(Riproduzione, digestione, respirazione, meccanica di volo etc...)

**Evoluzione**  
Classificazione, DNA, fossili etc...

Fino alla fine del XIX secolo la Zoologia era essenzialmente una scienza descrittiva: si facevano accurate descrizioni dei vari gruppi animali e dei loro apparati e si catalogavano. In quei tempi le conoscenze erano molto limitate, per cui uno zoologo poteva entrare in possesso di tutte le cognizioni del settore. L'inizio del XX secolo, con la riscoperta degli studi di Mendel, fu caratterizzato dalla rivisitazione della teoria evolutiva in chiave genetica. Questo diede un forte impulso allo studio dei fenomeni zoologici, con una conseguente notevole proliferazione delle conoscenze. Attualmente sono pubblicati innumerevoli articoli al giorno nel settore Zoologico, che hanno determinato una specializzazione della Zoologia. Così ci sono settori che si occupano di studiare **tutti i fenomeni associati a determinati gruppi zoologici**; ad esempio, l'ittiologia studia i pesci, l'erpetologia i rettili, l'entomologia gli insetti e così via. Poi ci sono studiosi che si occupano di particolari **fenomeni nei diversi gruppi in maniera comparativa**, come i neurobiologi, i fisiologi, i morfologi, gli etologi, i tassonomi ecc.... I confini tra queste aree della Zoologia sono comunque piuttosto sfumati. Per esempio, uno studioso di neuroanatomia arriva spesso a conclusioni che sono appannaggio del fisiologo o dell'endocrinologo e talvolta del tassonomo.



Considerata la parcellazione della Zoologia, insorge il problema di selezionare e sintetizzare opportunamente le nozioni da somministrare in un corso di zoologia generale. Indubbiamente non è produttivo fornire allo studente una panoramica di ciò che svilupperà meglio durante il suo percorso di laurea. Si tratta di strutturare un corso in cui i contenuti, seppur trattati nelle loro linee essenziali (che non significa superficialmente), sia soddisfacente e rispetti la dignità della disciplina, cercando di sottolineare di volta in volta le sue relazioni con gli altri insegnamenti. La vecchia strategia didattica, per cui ogni insegnamento doveva essere scevro da qualsiasi interferenza e poter viver da solo indipendentemente dal contesto è ormai superata. In più, si proponeva un percorso lineare con uno schema predefinito e molto poco mo-

dificabile. Oggi la situazione deve necessariamente cambiare, pressata dall'enorme proliferazione della conoscenza e dall'avanzamento tecnologico. Inoltre, le nuove generazioni di giovani, estremamente protese verso il digitale e con nuove modalità di apprendimento impongono un deciso cambio di direzione. Una via percorribile è l'ipertestualizzazione della didattica con collegamenti attivi sulle argomentazioni, che determinano un percorso reticolare, piuttosto che lineare. Un percorso che deve avvalersi di tutte le tecnologie digitali e le risorse online. Seguendo questo schema l'apprendimento diventa più agevole perché più consono allo stile di pensiero dell'allievo moderno, il che determina motivazioni più forti e desiderio di approfondire.

D'altra parte, uno studente biologo o naturalista non può affrontare materie come la biologia molecolare o la genetica senza conoscere gli involucri delle molecole e dei geni, sarebbe un biotecnologo. La Zoologia Generale ha il compito d'introdurre l'allievo gradualmente allo studio della biologia, dal microscopico al macroscopico. È ben noto che la gradualizzazione delle difficoltà è un punto fermo per ogni tipo di strategia didattica e in qualsiasi percorso formativo.

## Le finalità della zoologia

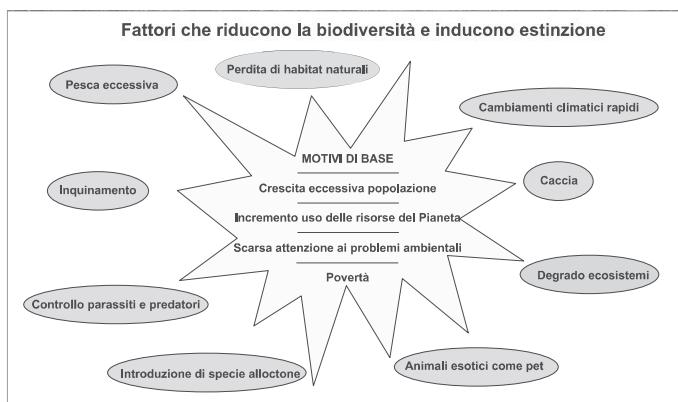
### Obiettivi generali

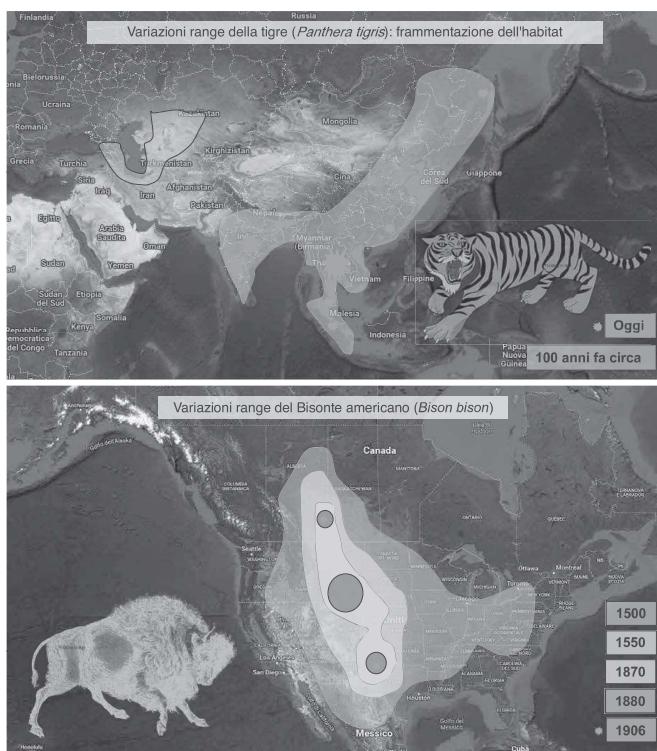
La Zoologia, come materia di base ha il compito di fornire all'allievo gli elementi per l'acquisizione di un corretto metodo scientifico applicato agli studi sugli animali. La presentazione di un problema e la ricerca delle soluzioni, passa attraverso osservazioni ed esperimenti, le cui risposte devono essere convalidate da sperimentazioni successive. L'allievo arriverà alla comprensione che non esiste un metodo scientifico unitario, né una regolare sequenza di eventi che conduca alla verità scientifica.

L'osservazione accurata e libera da pregiudizi, ripetuta più volte conduce alla formulazione dell'ipotesi, che contiene le relazioni causa-effetto tra i diversi eventi. Le diverse ipotesi raccolte in differenti campi conducono successivamente alla formulazione di una teoria. Lo studente avrà modo di seguire il procedimento durante tutte le lezioni di Zoologia. Ad esempio, seguirà tutte le ipotesi che hanno condotto alla formulazione della teoria evolutiva.

### Obiettivi specifici

Oggi numerosi problemi, derivanti in larga misura dalla eccessiva crescita demografica con il conseguente incremento dell'uso delle risorse, la scarsa attenzione ai pro-





se specie. Ad esempio, molti dei grossi mammiferi erano prima molto più diffusi. Oggi sono estinti in molti dei loro territori o hanno habitat molto frammentati.

Lo studio degli animali e delle loro relazioni con l'ambiente sono indispensabili ai fini della conservazione della biodiversità.

Quindi, un corso di Zoologia Generale deve dare un quadro della vita animale sul pianeta; in particolare una sufficiente conoscenza dei principi che regolano la vita animale stessa, che sono poi utili per ricerche applicate e per la **conservazione degli ecosistemi naturali**.

**Perché tutelare la biodiversità?** In linea generale, maggiore è la biodiversità, maggiore sarà la stabilità dell'ecosistema. In questa situazione, se viene a mancare una risorsa alimentare gli animali ne hanno un'altra a disposizione. Tutte le specie che vivono in condizioni di alta biodiversità alla lunga ne beneficiano e la probabilità di estinguersi è più bassa. Tuttavia, un ecosistema in cui gli effetti antropici hanno ridotto il numero di specie riservano meno alternative alimentari. È da sottolineare che ecosistemi ad elevata biodiversità e stabili da milioni di anni possono essere ugualmente molto vulnerabili. In queste situazioni, in

blemi ambientali e la povertà sono i motivi di base che hanno condotto alla **diminuzione della biodiversità**. Da questi ne derivano tutti gli altri che comprendono la pesca eccessiva, la perdita di habitat naturali, i cambiamenti climatici rapidi, la caccia, il degrado degli ecosistemi, l'introduzione di specie in territori in cui non c'erano mai state, la necessità di controllare gli insetti parassiti delle piante e dei predatori degli animali domestici, l'inquinamento e la tendenza a accogliere animali selvatici come pet. Questi fattori hanno determinato una notevole riduzione degli habitat di numero-

Maggiore è la biodiversità, maggiore sarà la stabilità dell'ecosistema. Tutte le specie che vivono in condizioni di alta biodiversità alla lunga ne beneficiano. La probabilità di estinguersi è più bassa.  
Ma ecosistemi ad elevata biodiversità possono essere deboli a causa delle specializzazioni (es. foresta amazzonica).

La zoologia oggi  
Biagio D'Aniello





Biagio D'Aniello

# Appunti di Zoologia adattativa

Accedi ai **contenuti digitali** > Espandi le tue risorse > con un libro che **non pesa** e si **adatta** alle dimensioni del tuo **lettore**



All'interno del volume il **codice personale** e le istruzioni per accedere ai **contenuti digitali**.  
L'accesso alle risorse digitali è **gratuito** ma limitato a **18 mesi dalla attivazione del servizio**.

